

Avant-propos

L'objectif de ce cours de mécanique des solides, des matériaux et des structures aéronautiques est de faire un tour d'horizon des notions nécessaires pour dimensionner une structure dans le domaine aéronautique.

Il commence par mettre en place les notions classiques de la mécanique : contraintes, déformations, lois de comportement, critères de dimensionnement. Les critères propres à l'aéronautique, avec en particulier la notion de charges limites et de charges extrêmes, sont en particulier abordés.

Il présente les méthodes de résolution, et en particulier la méthode des éléments finis. Cette présentation est effectuée sous une forme non classique en s'appuyant sur la minimisation de l'énergie afin de limiter au maximum les équations tout en restant dans un cadre compréhensible « avec les mains ».

La plasticité est abordée et permet de bien mettre en avant son influence sur le dimensionnement des structures, et en particulier son bénéfice sur les critères de dimensionnement.

La physique des deux matériaux principaux des structures aéronautiques, à savoir l'aluminium et les matériaux composites, est abordée afin d'éclairer les critères de dimensionnement énoncés lors des chapitres précédents.

Des exercices corrigés permettent ensuite à l'étudiant de tester sa compréhension des différents sujets.

L'originalité du présent ouvrage est de se placer d'emblée dans le domaine aéronautique. Les critères de dimensionnement sont en effet assez particuliers dans ce domaine. Néanmoins les notions abordées restent valables dans la majorité des domaines industriels ; la mécanique et les éléments finis restent en effet les mêmes.

Une autre originalité est de regrouper dans le même ouvrage une partie de mécanique des milieux continus, de base, avec une présentation succincte du principe des éléments finis, et une présentation de l'aspect matériau des principaux matériaux utilisés pour les structures aéronautiques, à savoir l'aluminium et les composites.

Cet ouvrage est donc un résumé des connaissances de base nécessaires à l'ingénieur travaillant en bureau d'études. Il s'adresse à des étudiants en formation initiale, mais également à des ingénieurs en poste souhaitant avoir un résumé des théories de base.

Enfin, la rédaction essaye de limiter au maximum les formules et de faire ressortir les significations physiques, en renvoyant le lecteur intéressé par les démonstrations vers des ouvrages plus spécifiques et plus théoriques tels que [COI 01, DUV 98, GER 73, HEA 77, KHA 95, LEM 96, MIR 03, SAL 02, THU 97, UGU 03, etc.].

Introduction

Positionnement du problème

Soit un solide S soumis à des déplacements imposés et à des efforts extérieurs.

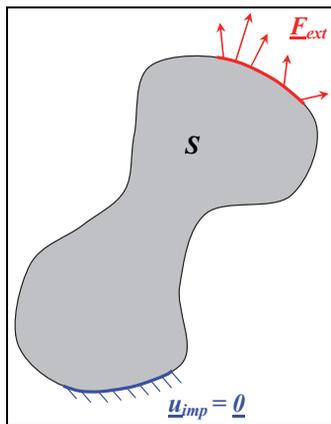


Figure I.1. Positionnement du problème

Le but de la mécanique des solides déformables est d'étudier l'état interne de la matière (notion de contraintes) et la façon dont elle se déforme (notion de déformations).

En effet, en mécanique une pièce ou un système mécanique est calculé afin :

- qu'il ne casse pas ;
- qu'il ne se déforme pas de façon permanente ;

- qu’il ne se déforme pas trop ;
- etc.

Le solide sera considéré comme un milieu continu, c’est-à-dire qu’il est considéré comme un ensemble continu de points matériels, avec une masse, représentatifs de l’état de la matière dans un volume infinitésimal l’entourant.

La mécanique des solides déformables permet d’étudier les efforts de cohésion (notion de contraintes) en un point M comme les efforts s’exerçant sur un petit volume qui l’entoure, appelé volume élémentaire représentatif (VER). Typiquement pour les métaux, le VER sera de l’ordre du dixième de millimètre.

Sur ce VER, la matière doit pouvoir être vue de façon continue et homogène :

- s’il est trop petit, la matière ne peut être vue comme homogène : empilement atomique, inclusion dans la matière, grains (exemple : pour le béton, le VER est de l’ordre de 10 cm) ;
- s’il est trop grand, l’état des efforts de cohésion en son centre n’est plus représentatif de l’état du VER.